

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

ФГБУН ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ РАЗВИТИЯ ИМ. Н.К. КОЛЬЦОВА РАН

УДК 575.5.

№ ИНГЗ 0108-2015-0065

№ НИОКТР АААА-А16-116120810094-3

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИБР РАН

Член-корреспондент РАН

А.В. Васильев



«27» декабря 2017 г.

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

ГОМЕОСТАТИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ СТАНОВЛЕНИЯ И ПОДДЕРЖАНИЯ ВНУТРИ И
МЕЖПОПУЛЯЦИОННОГО РАЗНООБРАЗИЯ

Программы Президиума РАН I.29П «Биоразнообразие природных систем»

(заключительный)

Руководитель темы, член-корр. РАН, зав. лаб.

 21.12.2017 В.М. Захаров
подпись, дата

Москва, 2017

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

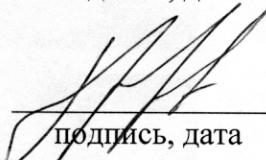
Руководитель, член-корр., доктор
биологических наук



подпись, дата

В.М. Захаров (раздел 1)
27.12.2017

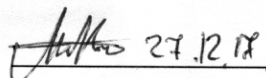
Исполнители:
Кандидат биол. наук



подпись, дата

И.Е. Трофимов (раздел 1)
27.12.2017

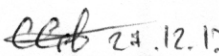
Доктор биол. наук



подпись, дата

М.В. Мина (раздел 2)

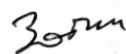
Кандидат биол. наук



подпись, дата

С.С. Алексеев (раздел 2)

Доктор биол. наук



подпись, дата

А.А. Зотин (раздел 3)

27.12.2017

СОДЕРЖАНИЕ

Реферат	4
Обозначения и сокращения	4
Раздел 1. Оценка межпопуляционных различий по стабильности развития модельных видов растений и млекопитающих в условиях изменения климата и антропогенного воздействия	5
Раздел 2. Исследование генетической и фенотипической обособленности форм арктических голец (Salvelinus) в разных озерах Забайкалья	8
Раздел 3. Исследование роста в процессе индивидуального развития в ряде популяций европейской жемчужницы (Margaritifera margaritifera). Исследование динамики роста у модельного пресноводного моллюска – роговой катушки	9
Заключение	10
Публикации по теме	11

«Гомеостатические механизмы становления и поддержания внутри и межпопуляционного разнообразия»

Отчет 13 с., 1 ч., 3 раздела, 9 источников (публикаций).

Реферат

Основная задача работы – оценка изменений биоразнообразия для понимания механизмов поддержания устойчивости биосистем в условиях усиливающихся изменений климата и антропогенных воздействий.

Цель проекта - оценка межпопуляционных различий по стабильности развития модельных видов в условиях изменения климата и антропогенного воздействия; исследование генетической и изучение механизмов формирования репродуктивной изоляции форм арктических видов рыб, исследование роста в ряде популяций модельного вида двустворчатого моллюска с целью оценки состояния вида и его динамики развития.

Для решения этой задачи использовались следующие методические подходы:

- оценка межпопуляционных различий по стабильности развития модельных видов млекопитающих (обыкновенная бурозубка, *Sorex araneus*, Центральная Сибирь) в условиях изменения климата и антропогенного воздействия;
- исследование генетической и фенотипической обособленности форм арктических гольцов (*Salvelinus*) в разных озерах Забайкалья;
- исследование роста в процессе индивидуального развития в ряде популяций европейской жемчужницы (*Margaritifera margaritifera*) (бассейнов Ладожского озера, Онежского озера, реки Кемь и Белого моря) с аппроксимацией данных уравнениям роста Берталанфи и методом сингулярного спектрального анализа;
- исследование динамики роста у модельного пресноводного моллюска – роговой катушки.

Ключевые слова:

стабильность развития, индивидуальный рост, оптимальные условия развития, симпатрическое формообразование, полиморфизм, периферия ареала, изменение климата, антропогенное воздействие.

Обозначения и сокращения:

мтДНК – митохондриальная дезоксирибонуклеиновая кислота

Раздел 1. Оценка межпопуляционных различий по стабильности развития модельных видов растений и млекопитающих в условиях изменения климата и антропогенного воздействия

Проведены исследования влияния изменений климата на состояние биологических систем на модели популяционной динамики мелких млекопитающих Центральной Сибири (на примере обыкновенной бурозубки (*Sorex araneus*)). Получены как новые данные, так и проведен дополнительный анализ полученных ранее данных. Получены подтверждения изменения типа популяционной динамики от цикличности к осцилляциям. Строгая четырехлетняя цикличность отмечалась в ходе многолетних исследований в качестве характерной черты для континентальных местообитаний при стабильных климатических условиях (включая в качестве неперемного условия высокий стабильных снежный покров, обеспечивающий необходимые условия для благополучного переживания популяций мелких млекопитающих в зимний период). Современные условия характеризуются нестабильными условиями при наличии явно выраженного тренда к повышению температуры. Этот фактор и рассматривается в качестве узлового для наблюдаемого сегодня изменения типа динамики.

В качестве основы для наблюдаемой ранее циклической динамики предполагался авторегуляторный механизм. Нарастание численности популяции в течение четырех лет приводит к переуплотнению популяции, которое в свою очередь ведет к резкому сокращению численности.

Принципиальное значение для анализа механизмов происходящих при этом внутривидовых процессов имеет исследование стабильности развития, как показателя состояния организма. В современных условиях осцилляции численности происходят без существенных изменений показателей стабильности развития. Наблюдаемые сегодня изменения численности, видимо, в большей степени определяются изменениями условий обитания и не сопровождаются эффектом переуплотнения популяции на фазе пика численности, что наблюдалось ранее. Отсутствие такого эффекта связано как с климатической нестабильностью, так и с повышением продуктивности местообитаний в связи с трендом повышения температуры. Кроме того изменения численности, происходящие в зимнее время, никак не связаны с показателями стабильности развития исследуемой системы краниологических признаков, которые закладываются на ранних стадиях развития (включая пренатальный период и ранние стадии постнатального развития) и не подвержены дальнейшей возрастной изменчивости. Некоторые различия в условиях обитания в разные годы в пределах обычного диапазона таких флуктуаций не сказываются на исследуемых показателях, изменения стабильности развития наблюдаются теперь лишь в годы аномальных изменений климатических условий (как это отмечалось при минимальной температуре в летний период).

Другой моделью является исследование состояния популяций растений при антропогенном воздействии (на примере березы повислой, *Betula pendula*). В ходе ранее проведенных исследований была показана возможность выявления изменения состояния популяций при нарастании степени антропогенного воздействия как во времени, так и в пространстве. При сравнении выборок из разных местообитаний на территории города Москвы по показателям стабильности развития было показано нарастание степени отклонения от условной нормы по мере нарастания антропогенной нагрузки - от парковой зоны до автомагистрали. При сравнении выборок из тех же местообитаний в разное время (через пятнадцать лет после проведения первого исследования) были обнаружены свидетельства нарастания степени нарушения стабильности развития во всех исследованных точках при сохранении того же тренда к повышению степени отклонения от нормы по мере нарастания антропогенной нагрузки в пространстве. Обнаруженный подъем величины показателей позволяет предположить в качестве основной причины и этого эффекта нарастание степени общей антропогенной нагрузки.

Продолжение таких исследований в течение последних трех лет, путем повторного анализа величины исследуемых показателей в тех же точках, свидетельствует о сохранении общей картины выявленных различий. Более детальный анализ позволяет говорить о наличии определенной тенденции к возрастанию величины показателей. Наличие такого тренда отражает нарастание степени негативного воздействия. В качестве возможных причин можно говорить как о нарастании общего антропогенного воздействия, так и о воздействии последствий современного тренда изменения климата. Здесь можно говорить как об общей тенденции к повышению температуры, так и росте климатической нестабильности. В современных условиях совместное воздействие двух этих главных факторов встречается практически повсеместно. Наличие такой тенденции в условно фоновой точке из парковой зоны позволяет говорить о возможной роли именно второго фактора, климатической нестабильности. Выявленный эффект предполагает проведение дальнейших исследований для определения возможной роли обоих факторов, связанных как с нарастанием антропогенного воздействия, так и последствий изменений климата. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности исследования возможных изменений в природных популяциях в условиях климатических изменений. Причем, как показали проведенные исследования интерес представляет не только выявление самого факта изменения ареалов отдельных видов и структуры природных сообществ, но и оценка возможных изменений динамики популяций и сообществ. Специальный интерес для понимания механизмов происходящих при этом процессов представляет исследование состояния популяций по стабильности развития. Такие исследования позволяют ответить на вопрос о том, что происходит с состоянием природных популяций. Это предполагает дальнейшее развитие таких исследований

как путем исследования разных моделей, включая как оценку динамики, так и распространение подхода для оценки состояния популяций других видов сообщества. Полученные результаты также свидетельствуют о важности исследования возможных изменений в природных популяциях в условиях климатических изменений. Это представляется важным как для оценки произошедших изменений, так и для прогнозирования дальнейшего развития выявленных эффектов. Особый интерес представляет оценка таких последствий на фоне общего антропогенного воздействия.

Раздел 2. Исследование генетической и фенотипической обособленности форм арктических гольцов (*Salvelinus*) в разных озерах Забайкалья

В 2017 г. также продолжены генетические исследования арктических гольцов. На основании анализа нуклеотидных последовательностей контрольной области мтДНК проведен филогеографический анализ арктических гольцов европейской части России и Сибири. Показано, что выделенные ранее атлантическая и сибирская филогенетические группы в связи с их близостью следует объединить в единую евроазиатскую группу в ранге подгрупп; уточнены их состав и ареалы. Гольцы с гаплотипами атлантической подгруппы обнаружены в Карелии, на Кольском п-ове, Полярном Урале, Новой Земле, Таймыре, с гаплотипами сибирской – в Забайкалье, в горных верховьях бассейнов Яны и Индигирки, в низовьях Анабара. В бассейне нижнего Анабара также обнаружены арктические гольцы с интрогрессированным от северной мальмы гаплотипом берингийской группы (рисунок). Полученные данные свидетельствуют о широкомасштабном послеледниковом расселении проходной формы гольцов атлантической подгруппы по атлантическому и ледовитоморскому бассейнам; об общем происхождении и близких филогенетических связях арктических гольцов сибирской подгруппы из разных областей Сибири и их возможных миграциях между этими областями в периоды плейстоценовых похолоданий. Они также подтверждают участие гольцов из Берингии в заселении арктических побережий Сибири и свидетельствуют об их проникновении на запад дальше, чем было известно ранее.

Раздел 3. Исследование роста в процессе индивидуального развития в ряде популяций европейской жемчужницы (*Margaritifera margaritifera*). Исследование динамики роста у модельного пресноводного моллюска – роговой катушки

1. Проведено исследование видового состава моллюсков, обитающих на территории заповедника "Кивач". Всего в заповеднике обнаружено 25 видов моллюсков. Из них: наземных брюхоногих – 9, водных легочных – 9, переднежаберных – 2, двустворчатых – 5 видов. Для восьми видов территория заповедника близка к северной границе их распространения в европейской части России, для двух видов – к южной границе. Составленный список видов может послужить отправной точкой для проведения дальнейших исследований малакофауны заповедника.
5. На основании собственных и литературных данных составлен определитель родов и видов сем. *Margaritiferidae* (*Bivalvia*). Семейство включает 4 рода и 12 видов.
2. Определены расположение и площадь нерестово-выростных участков в р. Сюсюоянйоки (бассейн Ладожского оз.), а также плотность молоди пресноводной формы атлантического лосося и кумжи. Показано, что из-за непроходимой для рыб плотины ГЭС атлантический лосось стал нереститься на пороге до плотины, резко сократив свою численность, а кумжа, утратив проходную форму, сохранила жилую, распространившись по значительной части русла. Установлено, что сформировались две субпопуляции пресноводной жемчужницы, различающиеся по виру рыб-хозяев для их личинок. Отмечено, что зараженность молоди лососевых рыб личинками жемчужницы и выживаемость паразитирующих глохидиев не зависели от вида рыб-хозяев.

Заключение

В основе современной концепции устойчивого развития, принятой сегодня в качестве основной парадигмы развития на уровне мирового сообщества (Глобальная Повестка дня до 2030 года и цели устойчивого развития) [Декларация ООН «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года»] и задачи гармонизации техно- и биосферы, поставленной Президентом РФ на 70-й Генеральной Ассамблее ООН [Выступление Президента РФ В.В. Путина на пленарном заседании юбилейной, 70-й Генеральной Ассамблеи ООН, Нью-Йорк, 28 сентября 2015 года] лежит экологический мониторинг.

В этом направлении одной из ключевых является методология оценки здоровья среды. В основе методологии – оценка здоровья популяций и экосистем по состоянию живого организма. Она базируется на концепции гомеостаза развития, как узловой характеристике состояния живого организма, современной биологии развития. В связи с этим подход позволяет проводить интегральную оценку качества среды при всех видах воздействия, с оценкой ее благоприятности для живых существ и человека.

Полученные результаты базируются на этой методической платформе, что позволяет ставить более сложные, интегрированные и долговременные задачи, причем как направленного практического свойства (оценка состояния среды), так и проводить фундаментальные исследования в области видообразования и состояния определенных видов.

Публикации по теме

Научные публикации в журналах, индексируемых в международной информационно-аналитической системе научного цитирования Web of Science (единиц):

1. Веселов А.Е., Иешко Е.П., **Зотин А.А.**, Ефремов Д.А., Ручьев М.А., Немова Н.Н. Экология пресноводной формы атлантического лосося *Salmo salar* L., кумжи *Salmo trutta* L. и пресноводной жемчужницы *Margaritifera margaritifera* L. в реке Сюскюяньйоки (бассейн Ладожского озера) // Известия РАН. Серия биологическая. 2017. № 1. С. 35-45. DOI: 10.7868/S0002332917010179 (РИНЦ). (Veselov A.E., Ieshko E.P., Efremov D.A., Ruch'ev M.A., Nemova N.N., **Zotin A.A.** The ecology of the freshwater form of the atlantic salmon *Salmo salar* L., the brown trout *Salmo trutta* L., and the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. in Syuskyuyanyoki river (basin of lake Ladoga) // Biology Bulletin. 2017. T. 44. № 1. С. 28-38. DOI: 10.1134/S1062359017010162). (WoS, Scopus)
2. **Яблоков А.В.** О механизме эволюции на экосистемном уровне организации жизни // Журнал общей биологии. 2017. Т. 78. № 2. С. 74-80. (**Yablokov, AV.** On the mechanism of evolution at the ecosystem level of life organization // ZHURNAL OBSHCHEI BIOLOGII. V. 78. 2. P. 74-80) (WOS:000402948900006)
3. **Клевезаль Г.А., Щепоткин Д.В.** Суточные приросты на поверхности резцов грызунов. Внутри- и межвидовая изменчивость // Зоологический журнал. 2017. Т. 96. № 7. С. 838-849. DOI: 10.7868/S004451341707008X. (РИНЦ). (Klevezal G.A., Shchepotkin D.V. Daily increments on the incisor surface in rodents. Intra- and interspecific variations // Zoologicheskyy Zhurnal. 2017. V. 96. N 7. P. 838-849. DOI: 10.7868/S004451341707008X. (Scopus)

Прочие публикации

4. **Зотин А.А.** Стационарные состояния энергетического обмена для отрядов беспозвоночных животных // Материалы XXIII съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова. Воронеж: Изд-во "ИСТОКИ", 2017. С. 2468–2470.
5. **Зотин А.А.** Малакофауна заповедника "Кивач" // Труды КарНЦ РАН. 2017. № 4. 2017. С. 62–71 DOI: 10.17076/them616
6. **Цетлин В.В., Мойса С.С., Зотин А.А., Нефедова Е.Л., Левинских М.А.** Изменение окислительных свойств воды, энергии прорастания семян высших растений и эмбрионального развития роговой катушки *Planorbarius corneus* под влиянием гипомангнетного поля// Научные труды конференции. I Всероссийская конф. с междунар.

- участием "Физика и экология электромагнитных излучений" 25-30 сентября 2017. п. Агой. Краснодарский край). Т. 1. С. 75-76.
7. *Зотин А.И., Зотин А.А.* Прошлое, настоящее и будущее мира. Белгород: ООО ЭПИЦЕНТР, 2017. 134 с.
 8. *Зотин А.А.* Определение родов и видов семейства Margaritiferidae (Bivalvia, Unionida) // Актуальные вопросы современной малакологии: сборник научных трудов всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 100-летию юбилею И.М. Лихарева и П.В. Матекина. Белгород: ИД "Белгород" НИУ "БелГУ", 2017. С. 38–42.
 9. *Zotin A.A.* Definition of genera and species of the family Margaritiferidae (Bivalvia, Unionida) // East Eur. Sci. J. 2017. V. 1. No 10 (26). Part 1. P. 4–10.

Отчет по Программе Президиума РАН утвержден решением Ученого совета ИБР РАН « 06 »
декабря 2017 г., протокол № 9